

УДК 681.7.026.6

ПОЛУЧЕНИЕ РАВНОМЕРНЫХ ПО ТОЛЩИНЕ ВАКУУМНЫХ МЕТАЛЛОДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЯХ, ДИАМЕТР КОТОРЫХ СОИЗМЕРИМ С ДИАМЕТРОМ ВАКУУМНОЙ КАМЕРЫ

Н.К. КАСИНСКИЙ, В.С. ТОМАЛЬ, Т.И. ДЕМИДОВИЧ, Я.В. ПЕТЛИЦКАЯ

*РУП «Оптическое станкостроение и вакуумная техника»
Филимонова, 25, Минск, 220114, Беларусь*

Поступила в редакцию 24 января 2012

Предложен способ получения равномерных по толщине вакуумных металлодиэлектрических покрытий на крупногабаритных оптических деталях с помощью вращающейся корректирующей маски.

Ключевые слова: приемная поверхность, вакуумные покрытия, корректирующая маска, равномерность по толщине.

Введение

Одной из наиболее важных характеристик вакуумной установки является распределение конденсата по всей приемной поверхности, которое определяется как контролируруемыми, так и неконтролируемыми факторами. К контролируемым факторам относится расположение источников испарения, скорость испарения, давление в вакуумной камере, распределение температуры по приемной поверхности, кинематика движения деталей, тип держателей деталей и их расположение в вакуумной камере. К неконтролируемым факторам можем отнести, например, колебания показателя преломления наносимых пленок, изменение формы поверхности испарения распыляемого вещества, ведущее к отклонению от косинусного закона распределения распыляемого вещества.

Одним из основных требований, предъявляемых к вакуумной установке, является обеспечение заданной толщины конденсата по всей приемной поверхности.

В связи с дальнейшим развитием космической тематики все большую актуальность приобретает проблема получения равномерных по толщине оптических покрытий с высокими оптическими и эксплуатационными характеристиками на крупногабаритных деталях.

Методика получения равномерных по толщине вакуумных покрытий

В оптическом приборостроении предпочтительнее решения, связанные с совершенствованием конструкции вакуумной камеры, при общем сохранении ее размеров. При увеличении размеров камеры соответственно увеличивается рабочая зона, однако, наряду с этим, резко возрастает расход пленкообразующих материалов, увеличиваются в целом габариты и мощность установок. Поэтому, для получения равномерных по толщине вакуумных оптических покрытий по всей поверхности крупногабаритной оптической детали, диаметр которой соизмерим с диаметром вакуумной камеры, целесообразно использовать корректирующие маски, в основу расчета которых положено регулирование потока вещества для получения покрытий с заданной равномерностью по толщине по всей приемной поверхности [1–4].

Расчетная неравномерность толщины оптического покрытия по детали диаметром 590 мм, установленной в вакуумной камере установки ВУ-2М, внутренний диаметр которой

равен 700 мм, составляет 33%. Получение покрытий с заданной равномерностью по поверхности данной детали возможно только при использовании вращающейся маски, конфигурация которой определяется исходя из реального распределения покрытия по детали.

В связи с этим была рассчитана, экспериментальным путем откорректирована и изготовлена корректирующая маска, позволяющая наносить равномерные по толщине вакуумные покрытия на плоские поверхности оптических деталей диаметром 590 мм в вакуумной камере установки ВУ-2М.

В основу расчета распределения конденсата по приемной поверхности положено общепринятое выражение для вычисления толщины конденсата:

$$t = \int_0^{\tau} \iint_{Ae} \frac{\Gamma \cos \varphi^n(\tau) \cos \theta(\tau)}{\pi \rho R^2} dAe d\tau, \quad (1)$$

где t – толщина оптического покрытия, τ – длительность испарения, Ae – площадь поверхности испарения, Γ – скорость испарения, ρ – плотность испаряемого вещества, $\varphi(\tau)$ – угол между нормалью к поверхности испарения и радиус-вектором точки, в которой определяется толщина оптического покрытия, $\theta(\tau)$ – угол между радиус-вектором рассматриваемой точки и нормалью к поверхности конденсации, R – радиус-вектор рассматриваемой точки, n – показатель степени, зависящий от условий напыления.

Корректирующая маска представляет собой заслонку, ось вращения которой параллельна оси вращения детали или совпадает с ней. Размеры лепестка корректирующей маски определяются местоположением маски относительно детали и источника испарения. Контур лепестка маски определяется углами раскрытия Q_i и радиусами R'_i , которые определяются по формулам:

$$R'_i = \frac{R_i(H + H_1)}{H_2}, \quad (2)$$

$$Q_i = \pi \left[1 - \frac{kt_0}{\sum_{N=1}^k t_N} \right], \quad (3)$$

где R'_i – радиус маски (расстояние от оси вращения маски до дуги на маске), R_i – расстояние от изображаемого центра маски до соответствующей дуги на детали, H – расстояние от источника испарения до дна вакуумной камеры, H_1 – расстояние от плоскости маски до дна вакуумной камеры, H_2 – расстояние от источника испарения до напыляемой детали, t_0 – минимальная толщина оптического покрытия на детали, t_N – толщина оптического покрытия в точке A_N , k – количество точек A_N , принадлежащих детали. Данные формулы для расчета формы корректирующей маски были выведены на основании схемы расположения внутрикамерных устройств, изображенных на рис. 1. В точках A_N рассчитывается толщина оптического покрытия по формуле (1).

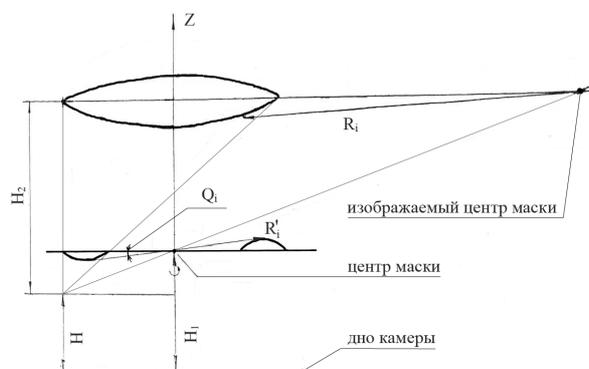


Рис. 1. Расположение корректирующей маски внутри вакуумной камеры

Корректирующая маска устанавливается между деталью и испарителями. Форма лепестка корректирующей маски представлена на рис. 2.

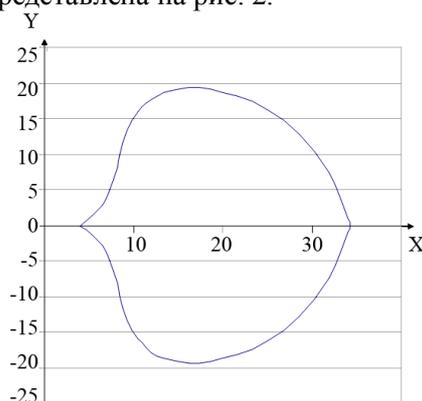


Рис. 2. Схематическое изображение формы лепестка корректирующей вращающейся маски

Местоположение маски над испарителем определяется телесным углом потока вещества, падающего на деталь, а также размерами вакуумной камеры.

Корректирующая маска вращается в сторону, противоположную направлению вращения оптической детали, а скорость вращения корректирующей маски в 25 раз больше скорости вращения оптической детали. Корректирующая маска, благодаря своей форме, избирательно экранирует поверхность оптической детали, чем уменьшает неравномерность толщины оптического покрытия по поверхности детали.

Применение рассчитанной вращающейся корректирующей маски снижает неравномерность толщины оптического покрытия по поверхности оптической детали диаметром 590 мм до 2%.

Второй проблемой при нанесении металлодиэлектрических покрытий на крупногабаритные детали, диаметр которых сравним с диаметром вакуумной камеры, первым слоем которых наносится, например, слой алюминия, является то, что при этом нет возможности контроля толщины слоев, наносимых после алюминия, с помощью фотометрического контроля, который ведется в данной установке по центральному свидетелю. Поэтому контроль толщины наносимых слоев ведется в данном технологическом процессе с помощью кварцевого измерителя толщины наносимых слоев, установленного между испарителями и оптической деталью.

Заключение

Предложен способ получения равномерных по толщине вакуумных металлодиэлектрических покрытий на крупногабаритных оптических деталях, позволяющий снизить неравномерность толщины вакуумного покрытия по поверхности оптической детали диаметром 590 мм до 2%.

RECEPTION OF VACUUM METAL-DIELECTRIC THIN-FILMS, THOSE HAVE UNIFORM THICKNESS ON LARGE-SIZED OPTICAL DETAILS, WHICH DIAMETER CAN BE COMPARABLE WITH THE DIAMETER OF VACUUM CHAMBER

N.K. KASINSKI, V.C. TOMAL, T.I. DZEMIDOVICH, Y.V. PETLITSKAYA

Abstract

The method of reception vacuum metal-dielectric thin-films, those have uniform thickness on large-sized optical details in the issue of using a rotating correcting mask, is offered.

Список литературы

1. Холлэнд О. Нанесение тонких пленок в вакууме. М., 1963.
2. Окатова М.А. Справочник технолога-оптика. СПб., 2004.
3. Трофимова Ж.П., Холодов В.М., Демидович Т.И. и др. // Оптико-механическая промышленность. 1987. №6. С. 30.
4. Усоскин А.И. // Оптико-механическая промышленность. 1984. №8. С. 33.